INGEGRAF

XVI CONGRESO INTERNACIONAL
DE INGENIERÍA GRÁFICA

UN EJEMPLO DE DISEÑO PARAMÉTRICO: MODELADO DE UN DISPOSITIVO MECÁNICO APLICABLE EN ENSAYOS DE MICRO–GRAVEDAD

CAPPELLARI, Fernando (1); STAFFOLANI, Pedro (2); LIFSCHITZ, Luís (3); BRITO, Hector (4)

[(1)]Universidad de Nacional de Río Cuarto, Argentina
Facultad de Ingeniería, Departamento de Mecánica
Correo electrónico: fcappellari@ing.unrc.edu.ar

[(2)] Universidad de Nacional de Río Cuarto, Argentina
Facultad de Ingeniería, Departamento de Mecánica
Correo electrónico: pstaffolani@ing.unrc.edu.ar

[(3)] Universidad de Nacional de Río Cuarto, Argentina
Facultad de Ingeniería, Departamento de Mecánica
Correo electrónico: llifschitz@ing.unrc.edu.ar

[(4)] Universidad de Nacional de Río Cuarto, Argentina
Facultad de Ingeniería, Departamento de Mecánica
Correo electrónico: hbrito@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN

En el presente trabajo se expone una metodología para realizar el modelado paramétrico de un dispositivo de sujeción–liberación aplicable a elementos a ensayar en ambiente de micro–gravedad, a través de vuelos atmosféricos con trayectoria parabólica donde se simula dicha condición.
En primer lugar se deberá realizar un Pre–Diseño para establecer las restricciones geométricas y la definición de las variables independientes y dependientes correspondientes. Estas relaciones partirán de un modelo 2D a otro en 3D.
Este modelo virtual podrá ser visualizado en forma inmediata cada vez que se ajuste el modelo físico–matemático asociado, hasta lograr una conformidad con las especificaciones de funcionamiento y de diseño definitivos.
Este método permitirá crear un sistema versátil de diseño con un sistema de análisis por elementos finitos, desarrollándose un modelo paramétrico 3D.
Cabe acotar que este trabajo se desarrolla dentro del Proyecto de Investigación: Desarrollo de Dispositivos Mecánicos Aplicables a Ensayos Experimentales Bajo Condiciones de Micro–Gravedad; enmarcado en el Programa De Investigación: Análisis Conceptual De Propulsores De Plasma Estacionarios Para Micro–Nanosatélites, que se realiza en nuestra Unidad

Académica, y se encuentra subvencionado por la Secretaria de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

Palabras clave: Modelado Paramétrico, Integración CAD/FEA, Dispositivo, Micro–Gravedad.

ABSTRACT

Presently work is exposed a methodology to carry out the modeling one parametric of a device of applicable subjection-liberation to elements to rehearse in atmosphere of micro-graveness, through atmospheric flights with parabolic trajectory where this condition is simulated.
In the first place he/she will be carried out a Pre-design to establish the geometric restrictions and the definition of the independent variables and corresponding clerks. These relationships will leave of a model 2D to another in 3D.
This virtual model will be able to be visualized in immediate form every time that the associate physical-mathematical pattern is adjusted, until achieving a conformity with the operation specifications and of definitive design.
This method will allow to create a versatile system of design with an analysis system for finite elements, being developed a parametric model 3D.
It is necessary to delimit that this work is developed inside the Project of Investigation: Development of Applicable Mechanical Devices to Experimental Rehearsals Under Conditions of Micro-gravity; framed in the Program Of Investigation: Conceptual analysis Of Stationary Propellers Of Plasm For Micro-Nanosatélites that is carried out in our Academic Unit, and it is subsidized by the Secretary of Science and Technique of the Universidad Nacional de Río Cuarto.

Key words: Modeling Parametric, Integration CAD/FEA, Device, Micro-gravity.

1. Introducción

El ingeniero de diseño, afronta continuamente el desafío de estructurar problemas no estructurados. Robert L. Norton en su libro, “Diseño de Maquinaria” proporciona los medios para estructurar un problema y conducir a una solución viable.

Consecuentemente un proceso de diseño consta de las siguientes etapas:

- Identificación de la necesidad.
- Investigación de fondo.
- Planteamiento de la meta.
- Especificaciones de tarea.
- Ideación e Invención.
- Análisis.

- Selección.
- Diseño detallado.
- Elaboración de prototipos y pruebas.
- Producción.

Una vez llegado a la etapa de Análisis, el presente trabajo pretende integrarlo con las etapas de Selección y Diseño Detallado; sin perder el enfoque definido por el mencionado autor.

Es de destacar que el diseño forma parte del desarrollo científico y tecnológico que se está realizando en el área aerospacial de nuestra Unidad Académica.

Aprovechando la característica paramétrica del software Solid Edge sé pretende realizar el diseño de un dispositivo mecánico de sujeción, que trabajará bajo condiciones de gravedad muy reducida.

El mecanismo a que se hace referencia, es un dispositivo de montaje, sujeción y posterior liberación aplicable a elementos a ensayar en condiciones de Micro–Gravedad.

Estas condiciones de distintos niveles de gravedad se alcanzan, entre otros, mediante la realización de vuelos atmosféricos con trayectoria parabólica, en aviones convenientemente adaptados para tal fin.

Uno de los temas que merecen una atención considerable es el contexto experimental del dispositivo asociado; ya que la liberación se debe realizar bajo pautas normativas de manera tal de minimizar el efecto del dispositivo citado sobre el elemento sujetado, en un tiempo de actuación de una fracción de segundo.

Los ensayos experimentales bajo condiciones de Micro–Gravedad tienen una duración, aproximada, entre 10 y 25 segundos a lo largo del ciclo y una misión típica consiste de 30 a 40 parábolas.

Particularmente, en los vuelos parabólicos actuales, los ensayos experimentales son realizados en estructuras de soporte del tipo fijas o contenidas a través de bandas flexibles.

Debido a las características existentes en los sistemas de sujeción, y teniendo presente además que las vibraciones producidas por el avión son transmitidas a través del sistema de soporte al ensayo experimental, ocasionan que en ninguno de los casos haya una independencia total entre el ensayo experimental y el sistema soporte disponible en el avión.

Sin embargo cuando el ensayo experimental requiera una total liberación, dentro del espacio físico disponible, es necesario recurrir a un sistema de soporte y liberación

que minimice las perturbaciones cinemáticas residuales producidas por el ambiente en que se llevarán a cabo.

Una vez generado el modelo matemático desde el punto de vista cinemático y dinámico, se elaborarán procedimientos para su implementación computacional, cuyos resultados serán volcados a una planilla de cálculo donde a posteriori se vincularán al software de diseño paramétrico.

Esta manera de diseñar permitirá visualizar el modelo en forma inmediata y básicamente poder analizar las perturbaciones que se presentan durante la actuación del mecanismo, a los fines de minimizar los efectos provocados por las mismas, tanto de origen externo como inherentes al mismo.

Con este diseño del modelo paramétrico se pretende mejorar las condiciones de los ensayos experimentales en condiciones de Micro–Gravedad y principalmente en los aspectos inherentes a la determinación de la funcionalidad y performance, particularmente con la cuantificación del efecto propulsivo en sistemas de propulsión eléctrica aplicables a micro–satélites y nano–satélites.

Cabe acotar que el impulso que alcanzan estos propulsores son muy pequeños, y para poder realizar los ensayos experimentales pertinentes para un normal funcionamiento, es necesario hacerlos en ambientes cuasi reales ya que los parámetros de medición del ensayo “en Tierra” pueden ser no detectados, o que los errores sean del orden de las variables de estudio.

Por tal motivo se requiere que el ensayo experimental se realice lo más próximo a las condiciones de funcionamiento de vuelo del propulsor de un micro–satélites y/o nano–satélite. A saber, esto se logra en órbita terrestre (International Space Station) o en vuelos atmosféricos con trayectoria parabólica, siendo éstos menos onerosos.

Cobra particular relevancia contar con el modelo virtual del dispositivo y todo el sistema de control del modelo físico–matemático, para realizar las simulaciones que lleven a minimizar los trabajos en la construcción futura del prototipo.

2. Objetivos

Objetivo General

Diseñar un Dispositivo Mecánico para un montaje de sujeción y liberación controlada, aplicada en ensayos experimentales de motores de propulsión eléctrica en ambientes de Micro–Gravedad.

Objetivos Particulares

Pre–diseño paramétrico del Dispositivo Mecánico.

Integración del cálculo estructural y cinemático con el diseño paramétrico.

3. Componentes Generales

Para conocer mejor el funcionamiento del dispositivo y ver con claridad cómo es su mecanismo, es necesario visualizar en perspectiva isométrica explotada a los componentes constitutivos del sistema de sujeción y liberación controlada.

Los componentes generales del dispositivo de sujeción y liberación controlada se muestran en la Fig. N° 1, donde:

[1] Motor paso a paso,

[2] Soporte de componentes,

[3] Leva,

[4] Pinza móvil,

[5] Arandela de cierre de la junta,

[6] Pinza fija,

[7] Resorte de conexión de las pinzas,

[8] Eje de la junta y

[9] Bulones de fijación del motor.

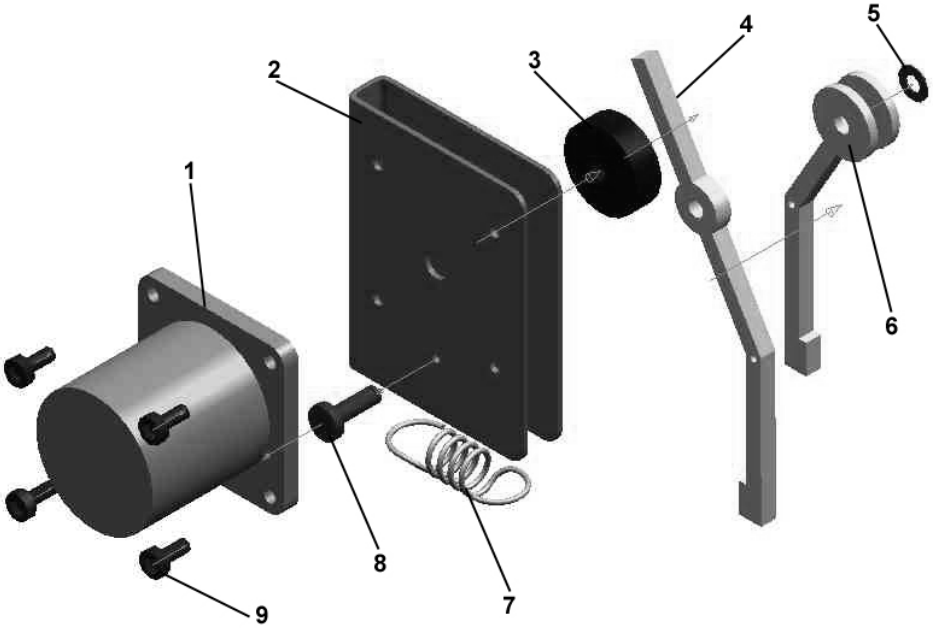

Figura N°1. Componentes Generales del Dispositivo de Sujeción y Liberación Controlada.

El motor paso a paso [1] actuará en forma solidaria sobre la leva [3], que a su vez entrará en contacto con el seguidor rotacional o pinza móvil [5], donde permitirá rotar sobre el eje de la junta [8], en el que es bloqueado por una arandela de cierre de junta [5].

La pinza fija [6] se vincula a través de un resorte de conexión [7] con la pinza móvil [4], permitiéndose, una sujeción y liberación controlada a través de la leva [3] y del motor paso a paso [1], del elemento a ensayar desde la parte inferior de las mismas.

En el soporte fijo [2] se anclará el motor paso a paso [1] con bulones de fijación [9]. Las dos pinzas son montadas al soporte fijo [2], por intermedio de una junta rotacional.

4. Método Operacional

El procedimiento para llevar a cabo esta tarea de Diseño Integrado, consta de las siguientes etapas:

- Diseño general del dispositivo de sujeción y liberación a través de un modelo paramétrico, definiéndose en forma cualitativa sus dimensiones y restricciones.

- Cálculo cinemático y verificación estructural de los elementos constitutivos. Esto se logra con cualquier software de cálculo, pero el resultado tiene que ser introducido en una planilla de cálculo.

- Modificación de las variables del Diseño con los nuevos valores obtenidos en el Cálculo, para luego encontrar la integración deseada entre los softwares de diseño y la hoja de cálculo.

5. Metodología

Ingreso de los Datos del Problema

El modelo de diseño integrado que se mostrará, a modo de ejemplo, corresponderá específicamente a la pinza fija.

Esto mismo criterio de diseño integrado se aplicará en forma directa a:

- La pinza móvil.

- La leva.

- El resorte de conexión de las pinzas.

- El soporte de componente.

- Accesorios generales.
- Conjunto armado del dispositivo.

Las variables correspondientes a esta parte constitutiva del dispositivo se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Variables paramétricas de la pinza fija.

Variable	**Denominación**	**Unidad**
Agujero_1	Diámetro interior junta.	Mm
Agujero_2	Diámetro sujeción del resorte	Mm
Extrude_1	Espesor de la pinza.	Mm
Extrude_2	Espesor de la junta	Mm
Extrude_3	Espesor ranura de la junta	Mm
V728	Lado vertical.	Mm
V731	Ángulo del lado inclinado.	Grados
V734	Espesor lado inclinado	Mm
V735	Espesor lado vertical.	Mm
V736	Espesor inferior	Mm
V740	Pestaña de contacto	Mm
V881	Lado inclinado	Mm
V1285	Radio exterior junta.	Mm
V2096	Ángulo de la ranura.	Grados
V2104	Altura de la ranura	Mm

Cabe acotar que la vinculación solo se realiza entre los softwares de diseño y la hoja o planilla de cálculo.

El ingreso de los valores correspondientes a los datos del problema podrán ser introducidos desde una planilla de cálculo, tal como se muestra en la Fig. N° 2.

	A	B	C	D
1	***Dispositivo de Sujeción y Liberación Controlada***			
2				
3	***PINZA FIJA***			
4				
5	Modificar unicamente las celdas de color azul.			
6				
7	**Denominación**	**Variable**	**Valor Numérico**	**Unidades**
8	Lado Vertical	V728	100	mm
9	Lado Inclinado	V881	80	mm
10	Espesor Lado Vertical	V735	10	mm
11	Espesor Lado Inclinado	V734	10	mm
12	Espesor Inferior	V736	15	mm
13	Pestaña de Contacto	V740	20	mm
14	Angulo del Lado Inclinado	V731	150	Grados
15	Radio Exterior Junta	V1285	20	mm
16	Diametro Interior Junta	Agujero_1	10	mm
17	Diametro Sujecion del Resorte	Agujero_2	4	mm
18	Espesor de la Pinza	Extrude_1	10	mm
19	Espesor de la Junta	Extrude_2	20	mm
20	Espesor Ranura de la Junta	Extrude_3	10	mm
21	Angulo de la Ranura	V2096	90	Grados
22	Altura de la Ranura	V2104	5	mm
23				

Hoja1 / Hoja2 / Hoja3 /

Listo

Figura N° 2. Ingresos de los Datos.

Confección del Modelo

Una vez realizado el modelo paramétrico de la pinza fija en el programa Solid Edge, se activa desde el menú principal la opción de Herramientas, y a través de la alternativa de Variables.

Siguiendo los pasos apropiados que establece el manual de ayuda, nos permitirá lograr la vinculación entre los dos software, simplemente copiando la celda especifica de la hoja de cálculo y pegarlo con vinculo en tabla de Variables tal como se muestra en la Fig. N° 3

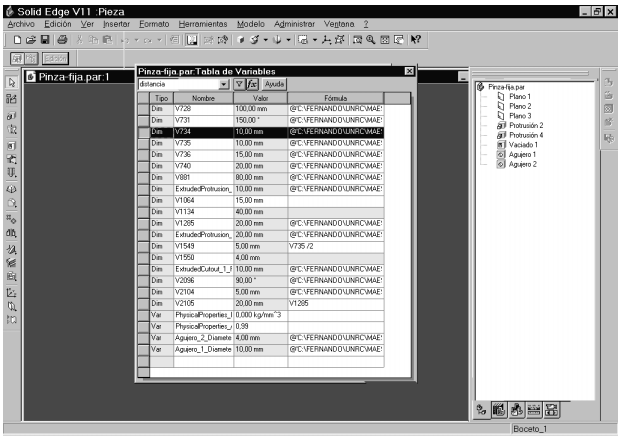

Figura N° 3. Cuadro de dialogo del Solid Edge que vincula con la planilla de cálculo.

El método de representación utilizado, para la confección de los planos de taller y de conjunto, es el de Proyección en el primer cuadrante o conocido también como método ISO E, según la Norma Argentina 4501-2*, del IRAM.

El paso siguiente es la modificación de las variables paramétricas del diseño (variables dependientes), asignándole una correlación con las variables de la planilla

de cálculo (variables independientes), donde las variables dependientes asumen los valores de las variables independientes generados por la planilla de cálculo.

Cabe acotar que las variables paramétricas del diseño son generadas automáticamente por el software de diseño, o pueden ser modificadas de acuerdo al criterio del diseñador. En este caso, del ejemplo, se respetaron las variables generadas por Solid Edge.

El modelo de la pinza con sus respectivas variables definidas oportunamente, se muestra en la Fig. N° 4.

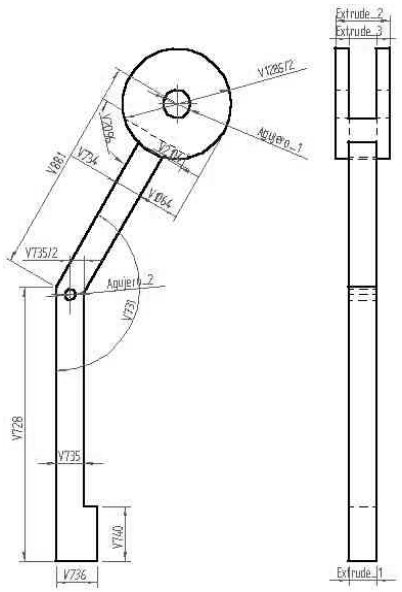

Figura N° 4. Variables Paramétricas de la Pinza Fija.

6. Conclusiones

Del uso de esta técnica: diseñar, calcular y representar al dispositivo de sujeción y liberación en forma integrada, pueden esperarse los resultados siguientes:

El Diseñador realizará sólo una vez el dibujo del dispositivo mecánico y sólo tendrá que realizar el control de acuerdo al modelo físico–matemático que lo gobierna.

Integración de las etapas de Análisis, Selección y Diseño Detallado, del proceso de Diseño.

Reducción del tiempo de confección de los Planos de Conjunto, de los planos individuales y del Modelo Virtual del dispositivo, visto principalmente, desde la realización de algunas modificaciones de las variables paramétricas presentes del diseño.

Utilizar dos softwares diferentes para obtener sistemas de modelado paramétricos, sin la necesidad de llegar a la programación con algún lenguaje de alto nivel.

Una vez realizada la confección de este prototipo, sin lugar a dudas, que la disminución del costo de realizar los ensayos experimentales en condiciones de Micro–gravedad bajo vuelos atmosféricos con trayectoria parabólica, respecto a tener que realizarlos en órbita terrestre, constituye un aspecto de singular importancia.

Agradecimientos

A los integrantes del Laboratorio de Diseño Asistido por Computadora (LACAD), del Grupo de Mecánica Computacional (GMC), Departamento Mecánica, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto y del Instituto Universitario Aeronáutico, como así también a la Secretaria de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

Referencias

NORTON, Robert L.. *Diseño de Maquinaria*. 53500 Naucalpan de Juárez, (Edo. de México): McGaw-Hill, 1996. I.S.B.N.: 970-10-0820-0.

MOTIL, Susan et al. *Testing microgravity flight hardware concepts on the NASA KC–135, American Institute of Aeronautics and Astronautics*. Inc. AIAA, Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, 39th, Reno NV, Enero 2001

DE LEON, Pablo et al. *Test Equipment Data Package. Project PADE (Shuttlee Small Payloads Project G–761).* National Aeronautics and Space Administration – Johnson Space Center, Julio 1999.

NIEMANN, G. *Tratado Teórico – Práctico de Elementos de Máquinas. Cálculo, Diseño y Construcción*. Barcelona, (España): Labor, 1973. I.S.B.N.: 84-335-6287-8.

BRITO Hector et al. *Modelización y Simulación de un Banco de Ensayo Estáticos a Lámina Resonante para la Medición de Pequeños Impulsos*. IV Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica (CIDIM 99). Santiago, (Chile). I.S.B.N. N° 956-7069-41-7 y 956-7069-43-3.

LEESTMA, David et al. *JSC Reduced Gravity Program User´s Guide*. National Aeronautics and Space Administration – NASA, Noviembre 1996.

CAPPELLARI, Fernando et al. *Una Aplicación del CAD: Integración Paramétrica del Diseño y el Cálculo en la Confección de Planos de Elementos Mecánicos*. XIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica (Ingegraf 2001). Badajoz, España. I.S.B.N.: 84-699-5057-6

SOLID EDGE V11. *Manual del Usuario*. 2001. MU28900–SPA.

INSTITUTO RACIONALIZACIÓN ARGENTINO DE MATERIALES. MANUAL DE NORMAS IRAM de *Dibujo Tecnológico*. Edición XXIX, 2001. Buenos Aires.